# Impact de la date du repiquage du riz sur les performances agricoles des petits périmètres irrigués au Burkina Faso

Dembélé Y. , Ouattara S. et Zida Z.1

**Résumé**

*L'article analyse l'impact de la date du repiquage du riz d'hivernage sur les intensités culturales et les rendements des cultures dans quatre petits périmètres irrigués de la région centre du Burkina Faso. Ces deux indicateurs sont utilisés pour évaluer les performances agricoles des périmètres. Les résultats montrent que le repiquage tardif du riz lors de la campagne d'hivernage entraîne une chute du taux d'exploitation du périmètre en contre-saison et, par conséquent, une baisse de son intensité culturale. Le respect du calendrier cultural préconisé permettrait d'augmenter de 15 à 25 % les intensités culturales par rapport à la situation actuelle. Lorsque le repiquage a lieu avant la troisième décade de juin ou au delà de la deuxième décade d'août, on constate une tendance à la baisse des rendements du riz. La meilleure période comprendrait donc tout le mois de juillet et la première décade d'août. Le repiquage avant la fin de cette période permettrait une augmentation des rendements du paddy de 10 % par rapport à leurs niveaux actuels.*

*Mots - clés : Cultures maraîchères - Indicateur de performance - Intensité culturale - périmètre irrigué - Riz - Burkina Faso.*

*Summary*

*The article analysed the impact of wet season rice transplanting date on cropping intensities and crop yields in four small irrigation systems in the central region of Burkina Faso. The results show that late transplanting of wet season rice causes a decrease in the exploitation rate of the irrigation scheme during the dry season and, consequently, a decrease of its cropping intensity. Transplanting on time would allow a 15 to 25% increase in cropping intensities in comparison to the current data. Transplanting before the third ten-days period of June or after the second ten - days period of August causes a decrease in the yields of rice. The best transplanting period includes then the whole month of July and the first 10 - days of August. Transplanting before the end of this period would allow a 10 % increase in the yield of rice in comparison to their current level.*

*Key - words : Vegetables - Performance indicator - Cropping intensity - Irrigation scheme - Rice - Burkina Faso.*

## Introduction

La pratique de l'irrigation n'a effectivement commencé au Burkina Faso qu'au début des années 60 (Aouba, 1993). Mais c'est à partir des années 70, avec le début des perturbations climatiques (Albergel *et al.*,1985 ; Sircoulon, 1985) qu'elle a connu un développement accéléré. En raison de la précarité de l'agriculture pluviale, l'irrigation est apparue comme un recours incontournable pour la réalisation de l'autosuffisance alimentaire. Mais le coût des hydro-ménagements devient de plus en plus

1 Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) - 04 BP 8645 Ouagadougou 04 - (Burkina Faso

élevé et les aménagements existants n'affichent que des performances médiocres (Berthomé *et al.*, 1986).

Le concept de performance est variable selon les secteurs d'activités (Abernethy, 1989 ; Clemmens et Bos, 1990). Selon Murray-Rust et Snellen (1993), les performances d'un système irrigué sont de quatre catégories : hydraulique, agricole, non agricole et stratégique. La plupart des indicateurs utilisés pour mesurer ces performances ont été mis au point et expérimentés principalement en Asie. Une synthèse critique des principaux indicateurs de performance a été faite par Rao (1993). Au Burkina Faso, plusieurs indicateurs de performance ont été élaborés et/ou adaptés au contexte local par le Projet Management de l'Irrigation au Burkina Faso' exécuté par l'Institut International pour le Management de l'Irrigation (IIMI/PMI-BF, 1996).

La définition adoptée dans cette étude est celle proposée par Ansoff (1979) et recommandée par Sally (1995) et qui prend en compte :

- Le degré auquel les objectifs sont assignés au système irrigué,
- L'efficience avec laquelle les ressources humaines et physiques (eau, terres,...) sont disponibles.

Les études concernant l'analyse des stratégies paysannes de production dans les périmètres irrigués (Plusquellec *et al.*, 1990), la dégradation des sols sous irrigation (Guillobez, 1989 ; Bertrand *et al.*, 1993), les performances hydrauliques (Abernethy, 1989 ; Rao, 1993) sont nombreuses. Mais l'influence des pratiques culturales sur les performances des périmètres a été très peu abordée. L'objet de la présente étude est d'analyser l'impact de la date de repiquage du riz sur les performances agricoles de quatre petits périmètres irrigués.

## Matériels et Méthodes

### Les sites d'étude

Les quatre sites étudiés sont les périmètres irrigués de Mogtédo (93 ha), Itenga (48 ha), Gorgo (50 ha) et Dakiri (112 ha). Les trois premiers sont situés au Centre et au Centre-Est du pays, en zone climatique nord-soudanienne entre les ishoyètes 600 mm et 800 mm. Le dernier site est situé au Nord-Est presque en zone sahélienne, où la pluviométrie est légèrement inférieure à 600 mm (figure 1).

Ces périmètres, irrigués gravitairement à partir de retenues d'eau, font partie de la catégorie des petits périmètres au Burkina. Ils sont consacrés, en saison humide, à la riziculture. En saison sèche, les situations sont les suivantes :

- A Mogtédo : 50 % de riz et 50 % de cultures maraîchères ;
- A Itenga : 1/3 des superficies seulement est mis en culture et entièrement consacré au maraîchage ;
- A Dakiri : La quasi totalité de la superficie est cultivée en riz ;
- A Gorgo : Jachère.

## Méthodologie

Deux indicateurs ont été utilisés pour approcher les performances agricoles des quatre périmètres. Ce sont l'intensité culturale ($I_C$) et le rendement des cultures (R). Les valeurs de chaque indicateur sont estimées et leurs impacts sur le calendrier cultural sont analysés. La méthode utilisée comprend les phases suivantes :

### *Collecte des données de base existantes*

Elle a consisté à faire des recherches documentaires (rapports, documents de projet, archives du périmètre relatifs aux résultats des campagnes agricoles), afin de collecter les données relatives aux pratiques culturales, aux productions et aux méthodes de gestion de l'eau.

### *Enquêtes et études spécifiques*

Les enquêtes générales ont été menées sous-forme d'entretien avec les acteurs des périmètres irrigués et, d'observations directes sur le terrain. Les données ont été collectées sur des échantillons représentatifs (10 à 25 % des champs du périmètre) tenant compte de l'emplacement des parcelles, de leurs situations hydriques et de leurs caractéristiques pédologiques.

Les études spécifiques ont concerné 20 % des parcelles de chaque périmètre. Elles ont porté sur l'évaluation correcte des superficies et des rendements parcellaires, ainsi que sur la superficie totale des périmètres, donc des intensités culturales (Ouattara *et al.*, 1996a).

La superficie effectivement emblavée de chaque parcelle (rectangulaire ou carrée) a été déterminée après avoir mesuré ses dimensions à l'aide d'un mètre-ruban.

La production totale de chaque parcelle a été estimée en tenant compte des quantités de paddy apportées par les producteurs et de celles qu'ils n'ont pas déclarées. Celles-ci ont été déterminées en utilisant les formules suivantes (Ouattara *et al.*, 1996a) :

Pour Mogtédo : $P_t = 1{,}08 \times P_m$

Pour Itenga, Gorgo et Dakiri : $P_t = 1{,}11 \times P_i$

Avec $P_m$ : la production déclarée (kg);

$P_i$ : la production pesée (kg) ;

$P_t$ : la production totale corrigée (kg).

Les données de base collectées permettent de mesurer l'évolution dans le temps des indicateurs de performance. Celles des enquêtes générales renseignent sur l'impact du calendrier cultural sur le niveau des indicateurs.

### *Détermination des indicateurs de performances*

A partir des productions et des superficies mesurées et/ou estimées, les indicateurs "Intensité culturale" et "Rendement" ont été calculés par les méthodes classiques :

- Intensité culturale (Ic) :

L'intensité culturale permet d'évaluer le taux d'occupation par an de la superfi-

cie aménagée. Elle s'exprime comme suit :

$$Ic = \frac{Se}{Sa} \quad (1)$$

Avec Ic : Intensité culturale (%) ;

Se : Superficie emblavée annuellement (ha) ;

Sa : Superficie aménagée (ha)

- Rendement (Rd)

Le rendement permet d'évaluer la productivité de la terre

$$Rd = \frac{Pt}{Se} \quad (2)$$

Avec : Rd : Rendement (t/ha) ;

Pt : Production totale (t) ;

Se : Superficie emblavée (ha)

*Les simulations des besoins des cultures en eau*

Les besoins en eau des cultures pratiquées sur les périmètres ont été simulés en considérant que les dates de plantation préconisées ont été respectées : mi-juillet pour le riz d'hivernage, fin janvier à mi-février pour le riz de contre-saison et, mi-novembre à décembre pour les cultures maraîchères. Pour cette simulation, le logiciel CROPWAT mis au point par la FAO (Smith, 1992) a été utilisé. Les résultats ont été comparés aux consommations d'eau effectives des cultures durant les campagnes 1992/1993, 1993/1994 et 1994/1995.

## Résultats et discussion

### Analyse des indicateurs de performance

*L'intensité culturale (Ic)*

Cet indicateur de performance permet d'évaluer le taux d'occupation des sols du périmètre au cours de l'année. La figure 2 montre que les intensités sont globalement caractérisées par une faible variabilité inter-annuelle. Par contre, leur variabilité d'un site à un autre est très grande (entre 93 % et 202 %). Leur valeur moyenne au cours de la période concernée par l'étude est d'environ 161 % pour les quatre sites (figure 3).

L'intensité culturale moyenne sur les petits périmètres irrigués au Burkina Faso est généralement estimée à 150 % (Aouba, 1993 ; IIMI/PMI-BF, 1996). On constate que les $I_C$ de Mogtédo et de Dakiri sont plus élévés, et que celles de Itenga et de Gorgo sont plus faibles que cette valeur moyenne. En fait, c'est la disponibilité relative en eau du barrage (rapport entre le volume d'eau stocké dans la retenue et la superficie aménagée), plus importante sur les périmètres de Mogtédo et de Dakiri, qui explique que ces périmètres présentent des $I_C$ plus élévés (Keïta et Sandwidi, 1996). La valeur de l'intensité culturale à Mogtédo peut même dépasser 200 %. C'est le cas en 1994 (218,7 %) et en 1996/1997 (207,5 %). Cette situation s'explique par les extensions spontanées de superficies réalisées par les exploitants au-delà de l'aménagement officiel. En revanche, sur

le périmètre d'Itenga, la disponibilité en eau pour les cultures de contre-saison est susceptible de diminuer au fil du temps à cause de l'adduction en eau potable des villes de Pouytenga et de Koupéla à partir de la retenue. A Gorgo, le volume d'eau disponible à la retenue, estimé à environ 1 300 000 $m^3$, ne permet pas, après avoir couvert la campagne rizicole d'hivernage sur 50 ha d'envisager une deuxème campagne en saison sèche (IIMI/PMI-BF, 1996).

La faiblesse des intensités culturales peut également s'expliquer par le démarrage tardif et le trop grand étalement de la période de repiquage), notamment en saison humide. Il en résulte un allongement de la partie de la campagne qui se déroulera au delà de la saison humide (octobre-décembre). Or, durant cette période, l'évaporation est très forte et cause d'importantes pertes d'eau dans les retenues. Par conséquent, le taux d'exploitation durant la contre-saison est réduit.

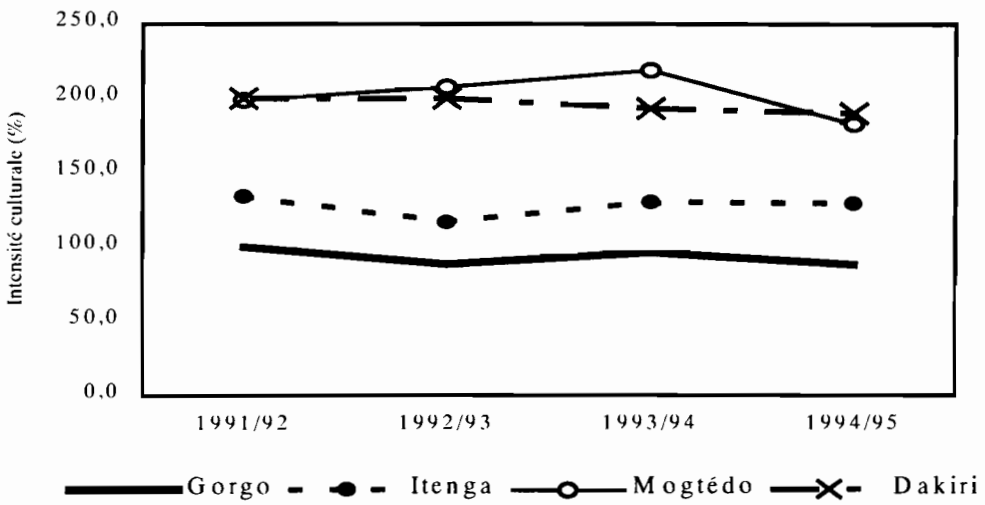


Figure 2. Variabilité inter-annuelle des intensités culturales des quatre sites

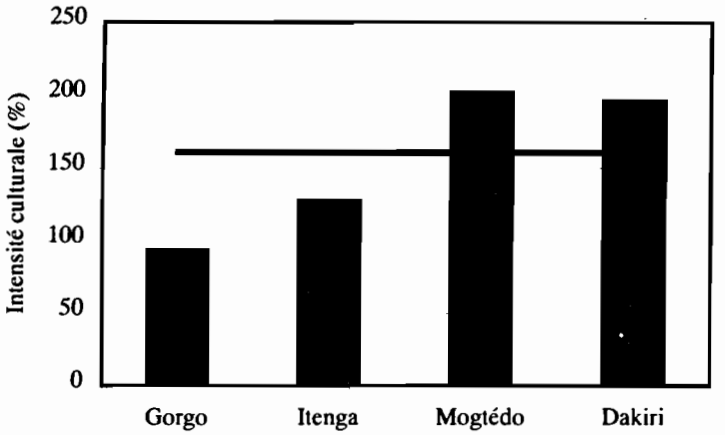


Figure 3. Valeurs moyennes des intensités culturales des quatre sites

*Les rendements ( R )*

Cet indicateur de performance mesure la productivité de la terre.

a) Les rendements en paddy

Comparativement au rendement moyen national en riz irrigué au Burkina estimé à 4,50 t/ha pour toutes les catégories de périmètres irrigués, et à 3,50 t/ha pour les petits périmètres irrigués (Aouba, 1993), celui des quatre périmètres étudiés (4,9 t/ha) paraît élevé (tableau 1).

Tableau I. Rendement du riz sur les périmètres étudiés (t/ha).

| CAMPAGNE | DAKIRI | GORGO | ITENGA | MOGTEDO | MOYENNE |
|---|---|---|---|---|---|
| Moyennes (a) : | | | | | |
| Saison Humide (SH) | 3,95 | 4,68 | 6,90 | 3,73 | 4,81 |
| Saison Sèche (SS) | 4,35 | * | * | 4,39 | 4,37 |
| Moyennes (b) : | | | | | |
| Saison Humide (SH) | 4,70 | 4,68 | 6,22 | 4,20 | 4,95 |
| Saison Sèche (SS) | 4,82 | * | * | 4,39 | 4,61 |

- Pas de riziculture

(a) : calculées sur la série de données disponibles depuis la création des périmètres

- (b) : calculées à partir des données collectées par l'IIMI/PMI-BF de 1991 à 1995

Les meilleurs résultats sont ceux du périmètre d'Itenga qui ne sont pas éloignés du potentiel des variétés actuellement cultivées (7,00 t/ha). Ceux de Mog-

tédo et de Dakiri, les deux plus anciens périmètres, présentent les rendements moyens les plus faibles.

Par ailleurs, sur les périmètres de Mogtédo et de Dakiri où l'on dispose de longues séries de données, on constate que l'évolution temporelle des rendements se fait en dents de scie et se caractérise globalement par une baisse tendancielle depuis 1984 (figure 4). Cela s'explique sans doute par la baisse de la fertilité des sols (Ouattara *et al.*, 1996b), la répartition inéquitable de l'eau d'irrigation entre les parcelles et l'irrespect des itinéraires techniques préconisés.

### b) Les rendements en cultures maraîchères

Les rendements présentés dans le tableau 2 sont obtenus sur les périmètres de Mogtédo et d'Itenga où ces cultures occupent une superficie relativement importante en saison sèche. La faiblesse générale des rendements s'explique par le fait que ces cultures sont pratiquées à des périodes climatiques très chaudes donc peu favorables. En effet, la plupart des cultures maraîchères ont besoin des températures relativement basses de la saison sèche fraîche pour donner une production optimale. En plus, les grandes amplitudes thermiques de cette période agissent bien sur la respiration et, par conséquent, favorisent la croissance des espèces maraîchères (Beniest, 1987). Or, le retard de la mise en place des cultures d'hivernage provoque un décalage de la campagne de contre-saison dont une bonne partie va se dérouler pendant la période chaude (au delà de la saison sèche fraîche) pendant laquelle les température maximales se situent entre 35 °C et 43 °C dans la zone centre du Burkina, alors que les températures minimales ne descendent pas au-dessous 25 °C (Sivakumar et Gnoumou, 1987).

### L'impact du non-respect des calendriers culturaux sur les intensités culturales et les rendements.

#### *Les intensités culturales*

Plus le retard est grand dans la mise en place du riz en saison humide, plus la dernière partie de la campagne qui se déroulera au-delà de cette saison sera longue. L'importance des consommations ou des pertes en eau durant cette période est due à la fois aux prélèvements pour l'irrigation des cultures dont les besoins en eau sont de plus en plus élevés, et surtout à l'évaporation qui devient très forte en saison sèche (Pouyaud, 1985). Or, les retenues d'eau sont caractérisées par une faible profondeur, puisque leur hauteur se situe en général entre 3 et 5 m (D'at de Saint Foulc *et al.*, 1986). Il en résulte une baisse importante de la disponibilité en eau dans le barrage pour les cultures de contre-saison et une réduction de l'intensité culturale du périmètre (Dembélé, 1995).

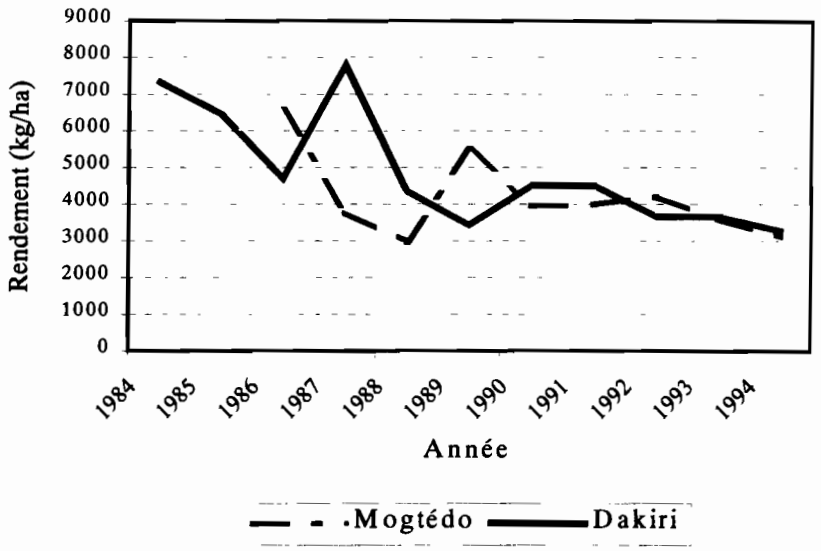


Figure 4. Evolution des rendements en paddy à Mogtédo et Dakiri

Tableau 2 : Rendements des cultures maraîchères à Itenga et à Mogtédo (t/ha)

| Périmètre / Cultures | Oignon | Tomate | Aubergine | Chou | Gombo |
|---|---|---|---|---|---|
| Mogtédo | 19,9 | 22,2 | 16,8 | 5,2 | 16,0 |
| Itenga | 7,7 | 17,4 | 24,2 | - | 7,5 |
| Moyenne | 13,8 | 20,3 | 19,8 | 5,2 | 10,3 |

Ouattara *et al.,* (1996b) ont constaté que l'étalement du repiquage se traduit par des valeurs réduites du taux de repiquage moyen (TRM), de même que celles du taux de repiquage de pointe (TRP). Les valeurs faibles de ce dernier signifient que le réseau d'irrigation n'est pas suffisamment sollicité et qu'il y a un gaspillage d'eau si le contrôle des sorties d'eau n'est pas rigoureux (Keïta et Sandwidi, 1996).

Par ailleurs, les consommations d'eau effective des cultures enregistrées pendant les campagnes 1992/1993, 1993/1994 et 1994/1995 sur les périmètres de Mogtégo et Itenga ont été comparées aux besoins en eau simulés de ces cultures plantées suivant les calendriers culturaux préconisés. Les résultats montrent qu'il est possible, par un calage judicieux du calendrier cultural en hivernage, de réaliser des gains substantiels d'eau et d'accroître ainsi l'intensité culturale de 10 à 25 % (tableau 3).

Tableau 3 : Les gains d'eau et l'accroissement de l'intensité culturale réalisables à Mogtédo et à Itenga si l'on respecte les calendriers culturaux préconisés.

| Périmètre | Campagne | Superficies (ha) | | | Volumes d'eau (x 1000 m³) | | Gains | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Riz | Maraî-chage | riz + maraî-chage | Consom-més | Simulés | En intensité Culturale (%) | En volume d'eau (x 1000 m³) |
| Mogtédo | 1992/93 | 28,0 | 32,2 | 30,4 | 2 513 | 2 126 | 15,8 | 387 |
| | 1993/94 | 27,1 | 30,1 | 28,3 | 2 494 | 2 134 | 13,9 | 360 |
| | 1994/95 | 22,6 | 25,4 | 23,9 | 665 | 359 | 14,3 | 306 |
| | Ecart-type | 1,8 | 3,7 | 1,9 | 12,1 | 11,3 | 3,4 | 7,4 |
| Itenga | 1992/93 | 9,7 | 13,4 | 13,4 | 781 | 646 | 23,9 | 135 |
| | 1993/94 | 1,6 | 2,5 | 2,5 | 699 | 675 | 4,1 | 24 |
| | 1994/95 | 11,7 | 15,5 | 15,5 | 717 | 570 | 25,5 | 147 |
| | Ecart-type | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 9,3 | 10,6 | 2,1 | 5,8 |

* → calculé en tenant compte de la proportion observée de chaque type de culture.

Tableau 4 : Les rendements du paddy (t/ha) en fonction de la date de repiquage

| Date de repiquage | | Mogtédo (1991 et 1993) | Dakiri (1994) | Itenga (1993 et 1994) | Gorgo (1993 et 1994) | Ensemble périmètres |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mois | Décade | | | | | |
| Juin | 1 | - | - | - | - | - |
| | 2 | - | - | - | - | - |
| | 3 | 2,85 | 3,00 | - | - | 2,85 |
| Juillet | 1 | 4,02 | - | 7,14 | - | 6,28 |
| | 2 | 3,79 | 3,83 | 7,34 | - | 6,64 |
| | 3 | 4,20 | 3,47 | 7,260 | - | 5,57 |
| Août | 1 | 4,12 | 3,39 | 6,79 | 3,84 | 5,86 |
| | 2 | 4,484 | 3,06 | 6,35 | 4,52 | 5,07 |
| | 3 | 3,742 | 2,80 | 6,584 | 4,65 | 4,57 |

- : Pas de repiquage

## Conclusion

Au regard des résultats de cette étude, on perçoit que le respect des calendriers culturaux peut contribuer à un accroissement substantiel des productions sur les petits périmètres irrigués par l'augmentation simultanée des rendements et des intensités culturales. Mais cette augmentation de la production est également conditionnée par une amélioration de la gestion de l'eau à la parcelle et l'adoption de pratiques culturales appropriées. Ce qui n'est pas possible sans le renforcement des capacités organisationnelles et des connaissances techniques des bureaux des coopératives et des exploitants individuels.

Les mauvaises conséquences d'un repiquage tardif et de son trop grand étale-

ment dans le temps ont été démontrées. Le mois de juillet et la première moitié du mois d'août sont les périodes les plus favorables pour le repiquage du riz en saison sèche.

Par ailleurs, si le semis précoce est conseillé pour la plupart des cultures maraîchères, il faut reconnaître que leur échelonnement dans le temps n'est pas forcément mauvais. Il permet d'éviter la surproduction sur le marché, et améliore par conséquent, la conservation des produits. Les producteurs peuvent ainsi récupérer, à travers des prix plus intéressants, ce qu'ils perdent en production.

## Références bibliographiques

Abernethy C.L., 1989 : Indicatiors of the performance of irrigation water distribution systems. Symposium on the performance evaluation of irrigation systems, 23 November 1989, IIMI,Colombo, (Sri lanka), 75p.

Albergel J., Carbonnel J. P. et Grouzis M., 1985 : Péjoration climatique au Burkina Faso : incidences sur les ressources en eau et les productions végétales, Cah, ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol XXI, N° 1, 3-19

Ansoff H. I., 1979. Strategic management, Macmillan Ltd, London, 236p.

Aouba H, 1993. L'irrrigation au Burkina Faso : Historique, situation, perspectives. *In* : Quel environnement pour le développement de l'irrigation au Burkina Faso. Actes séminaire-atelier, 1-3 février 1993, Ouagadougou, Burkina Faso, 29-48.

Beniet J., 1987. Guide pratique du maraîchage au Sénégal. ISRA, Centre pour le Développement de l'Horticulture. Dakar (Sénégal), 143p.

Berthomé P., Goueffon M. et Piaton H., 1986. Aménagements hydro-agricoles en zone soudano-sahélienne : Leurs coûts, leurs résultats. Rapport de synthèse. CIEH, CEMAGREF, Le Tholonet/Aix-en-Provence (France), 50 p + Annexes.

Bertrand R., Keïta B. et N'diaye K., 1993. La dégradation des sols des périmètres irrigués des grandes Vallées sud-saheliennes (cas de l'Office du Niger au Mali), cahiers Agricultures, 2 : 318-329.

Clemmens A. J et Bos M. G 1990. Methods for irrigation system water delivery performance evaluattion of irrigation and drainage systems, 4 : 345-365.

D'at de Saint Foulc, Gilard O., Piaton H., 1986. Petits barrages en terre au Burkina Faso. Bilan et analyse critique. CIEH, UNESCO, EIER, Ouagadougou (Burkina Faso), p 8.

Dembélé Y., 1995. Modélisation de la gestion hydraulique d'une retenue d'irrigation. Application au périmètre rizicole de Mogtédo. Thèse de Doctorat, Génie rural et des procé-

dés, ENSA de Rennes (France), 156p.

Guillobez S., 1989. Variation du pH et du bilan des ions majeurs. Conduite de la riziculture aquatique dans les sols à fort déséquilibre iconique, l'Agnon. Trop. 44 : 3-12

IIMI/PMI-BF, 1996 : Méthodologie d'évaluation des performances et de diagnostic des systèmes irrigués. Manuel d'utilisation, Projet Management de l'Irrigation au Burkina Faso, Ouagadougou, Burkina Faso, 118 p.

Keïta A. et Sandwidi J. P., 1996 : la gestion de l'eau et des infrastructures des petits périmètres irrigués. In : Améliorer les performances des périmètres irrigués, Actes sémin. Regional du projet management de l'irrigation au Burkina Faso, 24-26, IIMI/PMI-BF, MEE, Ouagadougou, (Burkina Faso), 89-120.

Mosselmans G., Van Driel W. et Durand J. M., 1991 : Etude de la gestion des petits périmètres irrigués gravitaires. Expérience du Burkina Faso. 1 – Le système de production. Bull. de liaison du CIEH, n$^{os}$ 84 et 85, 25-34.

Murray-Rust and Snellen W. B. 1993 : Irrigation system performance assessment and diagnosis. International Irrigation Management Institute, Colombo, (Sri Lanka), 52 p.

Ouattara S., Keïta A., Sawadogo J. B., 1996a : Rapport de mission portant sur la mesure des superficies parcellaires sur les périmètres irrigués de Mogtédo, Itenga, Gorgo et Dakiri. In Rapport sectoriel agronomique, IIMI/PMI-BF, MEE, Ouagadougou, (Burkina Faso), 15 p.

Ouattara S., Dembélé Y, et Zida Z., 1996b : Les pratiques culturales dans les petits périmètres irrigués. In Améliorer les performances des périmètres irrigués, Actes sémin. Regional du projet management de l'irrigation au Burkina Faso, 24-26 juillet 1996, MEE Ouagadougou, Burkina Faso, IIMI/PMI-BF, 171-195.

Plusquellec H. L. K. Mephail et C. Polti. 1990 : Irrigation system management. *In* : Irrigation management in developing countries, ed. by K.C. Nobe and R.K. Samppath Wesvieu Press, Boulder co., 186 p.

Pouyaud B. 1985 : Contribution à l'évaluation de nappes d'eau libre en climat tropical sec. Exemples du lac Bam et de la mare d'Oursi (Burkina Faso), du lac Tchad et d'Açudes du Nordes bresilien,. Thèse de Doctorat, Université de Paris and Orsay (France), 254 p

Rao P. S., 1993 : Review of selected litterature on indicators of irrigation performance. International Irrigation Manafement Institute, Colambo, (Sri Lanka), 75 p.

Sally H. 1995 : Performance assessement of irrigation in the Sahel. Major indicators preliminary results from Burkina Faso and Niger. Paper presented at Workshop on irrigated

rice in the Sahel : prospects of sustainable development. WARDA, Saint-Louis (Sénégal), 23-31.

Sircoulon J., 1985 : La sécheresse en Afrique de l'Ouest. Comparaison des années 1982-1984 avec les années 1972-1973, Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol XXI, n°4, 75-86.

Smith M., 1992 : CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management. Irrig. and Drainage Paper n° 46, FAO, Rome (Italie), 126p.

Sivakumar M.K.V et Gnoumou F., 1987: Agroclimatoloy of Weast Africa : Burkina Faso, information Bulletin n° 23, ICRISAT, Patancheru (India), 192 p.